

Rec'd PCT/PTO 15 SEP 2004



REC'D 08 JUL 2003	
WIPO	PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 11 647.4

Anmeldetag: 15. März 2002

Anmelder/Inhaber: Endress + Hauser GmbH+Co. KG, Maulburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte, Reflowofen und Leiterplatte für ein solches Verfahren

IPC: H 05 K 3/34

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte, Reflowofen und Leiterplatte für ein solches Verfahren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestücken und Löten einer
5 Leiterplatte, einen Reflowofen zum Löten der Leiterplatte und eine Leiterplatte
für das genannte Verfahren. Insbesondere betrifft die Erfindung solche
Leiterplatten, die mit einem bedrahteten elektrischen Bauteil mit wenigstens
einem Anschlussdraht oder -Pin und einem bzw. einer für konventionelle
automatische Lötverfahren thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung
10 bestückt sind.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass heute angestrebt wird, das Bestücken
bzw. Löten von Leiterplatten so weit es geht maschinell ausführen zu lassen,
um Herstellungskosten und Aufwand zu optimieren.

15 Die derzeit bekanntesten maschinellen Lötverfahren zum Löten von
elektrischen und elektronischen Bauteilen auf einer Leiterplatte sind das
sogenannte Wellenlöten und das sogenannte Reflowlöten. Diese beiden
Verfahren sind im Vergleich mit anderen herkömmlichen Verfahren der
20 Löttechnik ausführlich im Artikel von Dr.-Ing. Hans Bell, "Gibt es einen
Paradigmenwechsel in der Löttechnik", Fachzeitung "VTE - AUFBAU- UND
VERBINDUNGSTECHNIK IN DER ELEKTRONIK", Heft 6 / Dezember 1999,
Seiten 297 bis 301, beschrieben. Darin beschreibt der Autor, in welcher
Weise und mit welchen Bauteilen die Leiterplatte entsprechend den einzelnen
25 Lötverfahren zu bestücken ist und wie die Lötungen im einzelnen durchgeführt
werden.

Bei den meisten der derzeit erhältlichen Reflowöfen wird ein mehr oder
weniger diffuser heißer Gasstrom aus reiner Heißluft oder einem aufgeheizten
30 speziellen Gas senkrecht auf die zu verlötende Leiterplattenoberfläche

geleitet: Die Leiterplatten werden bei Eintritt in einen solchen Reflowofen erwärmt und dann in den eigentlichen Arbeits- d.h. Lötbereich transportiert. Übliche Temperaturen im Bereich der zu verlötenden Leiterplattenoberfläche betragen bis zu 220°C bei Verweilzeiten von bis zu 30 s.

5

Ein großes Problem beim Löten in Reflowöfen stellen heute jedoch jene Bauteile dar, die den thermischen Bedingungen in üblichen Reflowöfen nicht widerstehen und die unter den dort herrschenden Bedingungen verformt oder sogar zerstört werden. So sind beispielsweise Steckverbinder, Flexverbinder, 10 DIP-Switches oder andere Bauteile, auch Halbleiterbauteile, mit einem Kunststoffgehäuse in handelsüblicher Ausfertigung nicht für die üblichen Reflowöfen geeignet.

15

Darüber hinaus gibt es noch andere Bauteile oder Komponenten, die auf Leiterplatten verwendet werden und die nicht zum Löten in Reflowöfen geeignet sind, weil sie nicht-wärmebeständige Teile, Klebstoffe und/oder Lacke umfassen.

20

Solche Bauteile, die gegenüber den in Reflowöfen beim Lötvorgang herrschenden Temperaturen nicht beständig sind, können nicht an der kostengünstigen maschinellen Bestückung und Lötung in Reflowöfen teilhaben, sondern erfordern zusätzliche arbeits- und damit kostenintensive Einzel- bzw. Sonderbestückungen in mehreren besonderen Arbeitsgängen.

25

Es sind zwar für einige dieser Bauteile auch hochtemperaturfeste Ausführungen erhältlich, aber sie sind deutlich teurer als die üblichen Bauteile. Ihre Verwendung ist jedoch häufig unwirtschaftlich, da die eine durch rein maschinelles Bestücken und Löten gewonnenen Kostenersparnis zunichte machen.

30

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte, einen Reflowofen und eine Leiterplatte für ein solches Verfahren zu schaffen, die es erlauben, auch solche Bauteile, die an sich gegenüber den in Reflowöfen beim Lötvorgang herrschenden Temperaturen nicht beständig sind, in einem maschinellen Lötvorgang zu verwenden, ohne dass aufwendige und kostenintensive Einzelbestückungen und/oder manuelle Einzellötungen erforderlich sind.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung gelöst durch eine erste Variante eines Verfahrens zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, welches Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

a) auf der ersten Seite der Leiterplatte wird das THT-Bauteil bestückt und dessen Anschlussdraht bzw. Anschluss-Pin von der ersten Seite her durch eine Bohrung gesteckt, so dass er auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführt ist; und

b) zur Lötung wird die derart bestückte Leiterplatte in einen Reflowofen gegeben, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite wenigstens teilweise von einer die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr im wesentlichen abgeschirmt ist.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung auch gelöst durch eine zweite Variante eines Verfahrens zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht

oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, welches Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- 5 a) auf der ersten Seite der Leiterplatte wird das THT-Bauteil bestückt und dessen Anschlussdraht bzw. Anschluss-Pin von der ersten Seite her durch eine Bohrung gesteckt, so dass er auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführt ist; und
 - 10 b) zur Lötung wird die derart bestückte Leiterplatte in einen Reflowofen gegeben, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite thermisch von der zur Lötung auf die zweite Seite der Leiterplatte einwirkenden Wärme- oder Energiezufuhr getrennt ist und wobei durch geeignete Mittel ein
 - 15 Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Seite von wenigstens 28°C einstellbar ist.
- Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung wird für eine Bestückung der zweiten Seite der Leiterplatte mit wenigstens
- 20 einem SMD-Bauteil auf dafür vorgesehene Lötkontaktflächen Lotpaste aufgebracht und nach Bestücken der zweiten Seite der Leiterplatte mit dem SMD-Bauteil dieses zusammen mit dem Anschlussdraht des THT-Bauteils in einem Arbeitsschritt im Reflowofen verlötet.
- 25 Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auch die erste Seite der Leiterplatte mit wenigstens einem SMD-Bauteil bestückt.
- Eine weitere bevorzugte Ausführungsform Verfahrens nach der Erfindung umfasst folgende Verfahrensschritte:
- 30 a) drucken von Lotpaste auf die erste Seite der Leiterplatte;

- b) bestücken der ersten Seite mit SMD-Bauteilen;
- c) löten der SMD-Bauteile der ersten Seite im Reflow-Ofen;
- d) bestücken der ersten Seite mit wenigstens einem THT-Bauteil;
- e) drucken von Lotpaste auf die zweite Seite;
- 5 f) bestücken der zweiten Seite mit SMD-Bauteilen und
- g) löten von SMD-Bauteilen der zweiten Seite und dem bzw. der THT-Bauteile im Reflow-Ofen.

10 Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens betreffen eine Konfektionierung von Anschlussdrähten der THT-Bauteile vor dem Drucken der Lotpaste auf die zweite Seite der Leiterplatte.

15 Noch andere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens betreffen eine Befestigung von THT-Bauteilen auf der Leiterplatte

- 15 Noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung umfasst folgende Verfahrensschritte:
- a) drucken von Lotpaste auf die erste Seite;
 - b) auftragen von Klebstoff auf mit THT-Bauteilen zu bestückenden Stellen der
 - 20 ersten Seite;
 - c) bestücken der ersten Seite mit SMD-Bauteilen;
 - d) bestücken der ersten Seite mit THT-Bauteilen;
 - e) löten der SMD-Bauteile der ersten Seite im Reflow-Ofen;
 - f) drucken von Lotpaste auf die zweite Seite;
 - 25 g) bestücken der zweiten Seite mit SMD-Bauteilen und
 - h) löten der Bauteile der zweiten Seite und der THT-Bauteile im Reflow-Ofen.

30 Noch eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft eine Bestückung der Leiterplatte mit wenigstens einem Pin-in-hole-Bauteil (PIH-Bauteil).

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung wird die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte erste Seite der Leiterplatte im Reflow-Ofen im wesentlichen durch die Leiterplatte selbst gegenüber von der zur Lötung auf die zweite Seite einwirkenden Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt bzw. thermisch getrennt ist.

Noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung betrifft eine horizontale Anordnung der Leiterplatte beim Durchfahren des Reflow-Ofen wobei sich das bzw. die zu verlötenden und thermisch kritischen THT-Bauteile unterhalb der Leiterplatte befinden.

Wieder eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darauf gerichtet, dass im Reflow-Ofen beim Löten der zweiten Seite die erste Seite der Leiterplatte gekühlt wird.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind im Reflow-Ofen jene Bereiche der Leiterplatte, die wegen eines Leiterplattenlayouts zu überdurchschnittlicher Aufnahme von Wärmeenergie neigen, von einer die Wärmeenergieaufnahme verhindernden oder -verzögernden Abdeckung abgedeckt werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind im Reflow-Ofen jene Bereiche der Leiterplatte, wo eine überdurchschnittliche Aufnahme von Wärmeenergie erwünscht ist, von einer eine Aufnahme von Wärmeenergie verbessernden Abdeckung bedeckt.

Die oben genannte Aufgabe wird nach der Erfindung weiterhin gelöst durch eine erste Variante eines Reflow-Ofen zum Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische

- Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite der Leiterplatte beim Löten der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführten Anschlussdrahts des THT-Bauteils von
- 5 einer die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt ist.

- Die oben genannte Aufgabe wird nach der Erfindung außerdem gelöst durch eine zweite Variante eines Reflow-Ofen zum Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten
- 10 elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite der Leiterplatte beim Löten der zweiten
- 15 Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführten Anschlussdrahts des THT-Bauteils von einer die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr getrennt ist und wobei durch geeignete Mittel ein Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Seite von wenigstens 28°C einstellbar ist.

- 20 Bei einer bevorzugten Ausführungsform eines Reflow-Ofen nach der Erfindung wird die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte Seite der Leiterplatte im wesentlichen durch die letztere selbst im Reflow-Ofen von der die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt bzw. thermisch getrennt ist.

- 25 Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reflowofens ist darin eine Kühleinrichtung vorgesehen, mittels der die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte Seite der Leiterplatte beim Lötvorgang gekühlt wird.

Noch eine andere Ausführungsform des Reflowofens nach der Erfindung weist wenigstens eine Infrarot-Strahlenquelle auf, die eine die Lötung bewirkenden Energie liefert.

- 5 Die oben genannte Aufgabe wird auch gelöst von einer Leiterplatte für eines der oben genannten Verfahren nach der Erfindung, wobei die Leiterplatte so konzipiert bzw. ausgeführt ist, dass sie bei von außen auf die Leiterplatte einwirkender Wärmeenergie lokal vorgebbare Bereiche mit überdurchschnittlicher Wärmeenergieaufnahme ermöglicht.

- 10 Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leiterplatte betrifft eine innere Schicht der Leiterplatte, die so konzipiert bzw. ausgeführt ist, dass sich in den Bereichen gewünschter überdurchschnittlicher Wärmeenergieaufnahme jeweils ein großflächiger, metallischer und/oder
- 15 elektrisch leitender Teil befindet.

- Die Erfindung beruht auf der Idee, die thermisch empfindlichen Bauteile beim Durchlaufen des Reflowofens so anzuordnen, dass sie gegenüber der auf die zu lötende Leiterplattenoberfläche einwirkende Wärme- oder Energiezufuhr im
- 20 wesentlichen abgeschirmt sind.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Abschirmung auf einfachste Weise durch die Leiterplatte selbst erreicht, wobei diese Wirkung bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung durch
- 25 zusätzliche Abdeckungen und/oder temperaturherabsetzende Maßnahmen unterstützt wird. Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird vorteilhafterweise die abschirmende Wirkung der erfindungsgemäßen Anordnung der Leiterplatte auch durch ein entsprechend gewähltes Design bzw. Layout der Leiterplatte unterstützt.

30

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung und unter Verweis auf eine beigelegte Zeichnung beschrieben. Dabei zeigen:

- 5 Fig. 1 eine schematische Darstellung von verschiedenen Bauteilen und Baugruppen auf einer üblichen Leiterplatte;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer anderen üblichen Anordnung verschiedener Bauteile auf einer beidseitig bestückten Leiterplatte;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer weiteren üblichen Anordnung verschiedener Bauteile auf einer beidseitig bestückten Leiterplatte;
- 10 Fig. 4 eine schematische Darstellung vom Ablauf eines heute üblichen Verfahrens zur Bestückung und Lötung der Leiterplatte nach Fig. 3;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines üblichen Reflowofens;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung vom Ablauf eines bevorzugten Verfahrens nach der Erfindung zur Bestückung und Lötung von
- 15 Bauteilen;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Reflowofens nach der Erfindung;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung verschiedener Bauteile auf einer Leiterplatte nach der Erfindung;
- 20 Fig. 9 eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten Anordnung verschiedener Bauteile auf einer Leiterplatte nach der Erfindung;
- Fig. 10a eine schematische Darstellung einer Anschlussstelle eines Anschlussdrahtes eines Bauteils nach einem üblichen Bestückungs- und Lötvorgang;
- 25 Fig. 10b eine schematische Darstellung einer Anschlussstelle eines Anschlussdrahtes eines Bauteils nach einem Bestückungs- und Lötvorgang nach der Erfindung;

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer weiteren Leiterplatte nach der Erfindung beim Lötvorgang mit einer thermischen Abschirmung;
und

5 Fig. 12 eine schematische Darstellung einer weiteren Leiterplatte nach der Erfindung beim Lötvorgang mit einer besonderen Abdeckung.

Zur Vereinfachung sind in der Zeichnung gleiche Geräte, Bauteile oder Komponenten mit gleichen Bezugszeichen versehen.

10

Zur Verdeutlichung der bei einer herkömmlichen Leiterplatte verwendeten Bauteile und der damit verbundenen Probleme aufgrund ihrer unterschiedlichen thermischen Beständigkeit ist in Fig. 1 ein Beispiel einer solchen Leiterplatte 1 schematisch dargestellt. Die folgenden Erklärungen zu
15 bisher verwendeten Leiterplatten, Bestückungs- und Lötverfahren dienen auch dazu, die durch die Erfindung erzielten Fortschritte und Vorteile aufzuzeigen.

Zur Vereinfachung sind nicht die Bauteile als solche gezeigt, sondern durch den Bestückungsaufdruck der Leiterplatte 1 veranschaulicht. Neben hier nicht
20 näher bezeichneten Bauteilen finden sich Trafos 2, Spezialstecker 4 mit großen Gehäusen, Drehschalter 5 und Resistoren 6. Außerdem sind auf der Leiterplatte 1 noch Winkelstecker 7 und Halbleiter-Bauteile in TO-Gehäusen 8 und in DIL-Gehäusen 9 vorgesehen. Die dargestellten Bauteile sind entweder bedrahtete oder solche mit Anschlusspins, bei denen die Anschlussdrähte
25 oder -Stifte durch metallisierte Bohrungen bei den Lötanschlüssen der Leiterplatte 1 hindurchgesteckt werden; sie werden deshalb nachfolgend als "THT-Bauteile" bezeichnet. THT ist die Abkürzung für Through Hole Technique. Solche THT-Bauteile werden üblicherweise im Wellenlotbad oder, wenn sie den dort herrschenden Temperaturen nicht widerstehen oder sich
30 verformen, manuell gelötet. Wie oben bereits beschrieben, ist dies ein sehr kostenintensives Verfahren.

Einige der in Fig. 1 dargestellten Bauteile können aber auch sogenannte PIH-Bauteile sein. PIH ist die Abkürzung für Pin In Hole. Bei solchen Bauteilen werden die Anschlussdrähte oder -Stifte stark gekürzt und so konfiguriert, dass sie in metallisierte und mit Lotpaste bedruckter Sacklochbohrungen bei den Lötanschlüssen der Leiterplatte 1 hineingesteckt werden können. Sind diese PIH-Bauteile unempfindlich gegenüber den in einem Reflowofen herrschenden Temperaturen und Bedingungen, so können sie dort aufrecht stehend angeordnet gelötet werden, beispielsweise - falls auch auf der Leiterplatte bestückt - mit SMD-Bauteilen.

10

Ein anderes Beispiel einer herkömmlichen Leiterplatte ist in Fig. 2 schematisch als Seitenansicht eines Ausschnitts einer Leiterplatte dargestellt. Dieser Leiterplatte 10 ist sowohl auf ihrer ersten Leiterplatten-Seite 11 als auch auf ihrer zweiten Leiterplatten-Seite 11 bestückt. Beispielfhaft dargestellt sind zwei THT-Widerstände 13a, 13b, jeweils einer auf jeder Seite 11, 12 und ein Bauteil mit einem THT-DIL-Gehäuse 14 und einem THT-Winkelstecker. Bekanntermaßen wird bei einer solchen Leiterplatte 10 zunächst die erste Seite 11 mit dem Widerstand 13a, dem DIL-Gehäuse 14 und allen anderen von dieser ersten Seite 11 durchgesteckten THT-Bauteilen bestückt und anschließend in einem Wellenbad zum Beispiel gelötet. Danach werden auf der zweiten Seite der andere THT-Widerstand 13b, der Winkelstecker 15 und andere THT-Bauteile der zweiten Seite 12 bestückt und manuell gelötet. Auch dies ist bekanntermaßen ein sehr teures Verfahren. Wenn ein Bauteil wie der Widerstand 13b in Fig. 2 angeordnet ist, ergibt sich auch noch der Nachteil, dass wenigstens eine der Lötstellen des Widerstands 13b verdeckt ist und nicht kontrolliert werden kann.

25

In Fig. 3 ist noch eine andere Leiterplatte 20 dargestellt, die mit SMD- und THT-Bauteilen bestückt ist. Auch bei der hier dargestellten Ausschnitt handelt es sich um eine beidseitig bestückte Leiterplatte 20 mit einer ersten 21 und einer zweiten Bestückungsseite 22. So sind beispielsweise auf der ersten Seite

30

21 THT-Widerstände 23 und ein THT-Winkelstecker 24 und erste SMD-Bauteile 25 und zweite SMD-Bauteile 26 dargestellt. Auf der zweiten Seite 22 der Leiterplatte 20 sind dritte SMD-Bauteile 27 und vierte SMD-Bauteile 28 veranschaulicht.

5

Auf herkömmliche Weise wird die Leiterplatte 20 nach Fig. 3 entsprechend einem durch Fig. 4 schematisch dargestellten Verfahren hergestellt. Nach einem Auftragen einer Lotpaste 30, vorzugsweise mit einem Druckverfahren, beispielsweise einem Siebdruckverfahren, auf die erste Seite 21 der

10

Leiterplatte 20 (siehe Fig. 3) werden die ersten SMD-Bauteile 26 und die zweiten SMD-Bauteile 27 bestückt. Diese SMD-Bestückung 31 geschieht üblicherweise automatisch durch einen Bestückungsautomaten und mithilfe gegurteter SMD-Bauteile. Nach dem bestücken wird die Leiterplatte 20 im Verein mit anderen zu verlötenden Leiterplatten in einem üblichen Reflowofen

15

gelötet. Ein Beispiel eines solchen Reflowofens ist in Fig. 5 dargestellt und wird nachfolgend noch beschrieben. Nach dem Löten im Reflowofen wird ein die Leiterplatte gewendet und auf ihrer zweiten Seite 22 an den Stellen, wo die SMD-Bauteile 27 und 28 platziert werden sollen, ein Klebstoffauftrag 33 vorgenommen. Ein nachfolgende Bestückung 34 der dritten und vierten SMD-

20

Bauteile 27 und 28 wird wiederum automatisch vorgenommen. Nach einem Aushärten des Kleber werden die THT-Bauteile und jene bestückt, die entweder nicht vollautomatisch bestückt werden können. Bei der in Fig. 3 dargestellten Leiterplatte sind dies beispielsweise die THT-Widerstände 23, die auf der zweiten Seite 22 verlötet werden sollen.

25

Zu den sogenannten exotischen Bauteilen zählen auch solche, die wegen ihrer ungleichmäßigen Masseverteilung besonderer Befestigung auf der Leiterplatte bedürfen, da sie beispielsweise durch einen einfachen Klebevorgang nicht ausreichend gegen Kippen fixiert werden können. Diese Bauteile müssen durch mittels Snap-in-Technik oder durch Einsetzen in einen Sockel oder Ähnliches auf der Leiterplatte in ihrer Lage gehalten werden bis

30

die Lötung erfolgt ist oder sogar darüber hinaus. Nach anschließendem
Fluxen 37 wird die Leiterplatte 20, üblicherweise zusammen mit anderen
Leiterplatten, in ein Wellenlotbad 38 gegeben, wo die in Schritt 36 bestückten
Bauteile zusammen mit den SMD-Bauteilen 27 und 28 gelötet werden. falls
5 erforderlich werden die Leiterplatten nach dem Wellenlöten 38 noch einer
zusätzlichen Reinigung unterzogen.

Selbst bei diesem in Fig. 4 veranschaulichten und gegenüber den oben
beschriebenen manuellen Lötverfahren moderne Verfahren ist es notwendig,
10 die jeweilige Leiterplatte 20 zur Bestückung mit den sogenannten exotischen
Bauteilen, die sich einer vollautomatischen Bestückung entziehen, die
Leiterplatte bzw. die Leiterplatten aus der eigentlichen automatischen
Fertigungslinie zu nehmen. Ein solches, heute verbreitetes Verfahren ist
aufwendig und kostenintensiv.

15 Zur Ergänzung des eben Beschriebenen ist in Fig. 5 ein herkömmlicher
Reflowofen 40 dargestellt, der im Vergleich zu einem später beschriebenen
und in Fig. 7 dargestellten Reflowofen 60 nach der Erfindung kurz erläutert
wird. Ein solcher Reflowofen 40 umfasst im wesentlichen ein Gehäuse 41, das
20 in seinem Innern in mehrere Kammern 42 unterteilt ist, um dort eine bessere
Temperaturkontrolle und Konvektion in den einzelnen Kammern 42 und ein
gezieltes Aufheizen und Löten von Leiterplatten 46 zu ermöglichen.
Üblicherweise ist jede der Kammern 42 mit einem Wärmetauscher und eine
Gebläse 44 versehen und zwar ober- und unterhalb eines Transportbandes
25 45 auf dem die Leiterplatten 46 durch den Reflowofen 40 in Richtung eines
Pfeiles 47 transportiert werden. Nach dem Verlassen des Reflowofens 40 sind
häufig Kühlgebläse 48 vorgesehen, die der gezielten Abkühlung der gelöteten
Leiterplatten 46 auf Umgebungsbedingungen dienen.

30 Wie oben bereits beschrieben, stellt bei üblichen Reflowöfen die Temperatur
im Innern ein großes Problem dar, insbesondere für Bauteile, deren Gehäuse

diesen Temperaturen für die Verweildauer im Ofen nicht widerstehen. Dabei ist zu beachten, dass in einem üblichen Reflowofen 40, wie er beispielsweise in Fig. 5 dargestellt ist, oberhalb des Transportbandes 45 eine Temperatur von bis zu 220°C herrscht. Eine solche Temperatur können übliche

5 Kunststoffgehäuse an Winkelsteckern, TO- oder DIL-Gehäuse der THT-Ausführung (siehe dazu auch Fi. 1) nicht überstehen, ohne sich zu deformieren und damit die Funktionalität der Bauteile in Frage zu stellen.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung vom Ablauf eines bevorzugten

10 Verfahrens nach der Erfindung zur Bestückung und Lötung von Bauteilen. Mit diesem Verfahren ist es möglich, nunmehr auch thermisch kritische Bauteile im Reflowofen zu löten. Betrachtet wird im einzelnen die Bestückung und Lötung einer mit SMD- und PIH-Bauteilen beidseitig bestückten Leiterplatte (siehe dazu beispielsweise Fig. 9). Nach einem Lotpastendruck 50 auf eine

15 erste Seite der Leiterplatte wird eine automatische SMD-Bauteil-Bestückung 51 vorgenommen, die zum Reflowlöten 52 in und durch einen Reflowofen geschickt werden. Nachdem die Leiterplatte abgekühlt ist, wird eine Bestückung 53 von THT-Bauteile und anderen thermisch kritische Bauteilen auf der ersten Seite der Leiterplatte vorgenommen. Diese Bauteile sind

20 bereits oben, insbesondere im Beschreibungstext zur Fig. 4 unter dem Stichwort "exotische Bauteile" beschrieben worden. Diese Bauteile werden auf der ersten Seite bestückt, dass heißt, dass bei den THT-Bauteilen die Anschlusspins bzw. -Drähte durch die entsprechenden Bohrungen und durch die Leiterplatte hindurch gesteckt werden, so dass sie auf der zweiten Seite

25 herausstehen. Vorzugweise werden schwere exotische Bauteile oder solche mit ungleichmäßiger Masseverteilung, die zum Kippen neigen, entweder durch Klebstoff fixiert oder sie werden durch Halterungen, wie zum Beispiel Snap-in-Befestigungen in der gewünschten Lage gehalten. Bei kleinen bzw. leichten Bauteilen kann es auch ausreichen, die jeweiligen Anschlussdrähte

30 bzw. Anschlusspins auf der anderen, der zweiten Seite der Leiterplatte zu

konfektionieren, insbesondere so zu biegen, dass die Bauteile in ihrer Position fest geklemmt werden.

Für eine Konfektionierung 54 der Anschlussdrähte bzw. Anschlusspins der THT-Bauteile wird die Leiterplatte so gedreht, dass ihre erste Seite nach oben weist und die sogenannten exotischen Bauteile nach unten weisen, also unterhalb der Leiterplatte angeordnet sind. Falls erforderlich werden die Anschlussdrähte bzw. Anschlusspins der THT-Bauteile gekürzt und/oder so geklinscht, d.h. so gespreizt oder gebogen, dass die THT-Bauteile in ihrer Überkopfposition nicht aus der Leiterplatte herausfallen und in ihrer Position gehalten werden. Durch das Kürzen der Anschlussdrähte bzw. Anschlusspins der THT-Bauteile wird zudem erreicht, dass sie nur noch wenig über die Leiterplatte hinausstehen und so einen nachfolgenden Auftrag 55 der Lotpaste, vorzugsweise mittels Drucken, auf der zweiten Seite der Leiterplatte behindern. Bei lang hervorstehenden Anschlussdrähten bzw. Anschlusspins besteht die Gefahr, dass sie in die Ebene des zum Auftragen der Lotpaste notwendigen Drucksiebes hineinragen oder dessen Positionierung verhindern. Natürlich ist es auch denkbar, dass besonders schwere THT-Bauteile oder solche mit einer ungünstigen Masseverteilung durch Klebstoff auf der ersten Seite der Leiterplatte fixiert werden.

Nach der Konfektionierung der Anschlussdrähte bzw. Anschlusspins der THT-Bauteile wird eine automatische Bestückung 56 von SMD-Bauteilen und danach von PIH-Bauteilen 57 auf der zweiten Seite der Leiterplatte vorgenommen. Vorzugsweise werden solche PIH-Bauteile verwendet, die durch eine Art "Nassklebekraft" der Lotpaste gehalten werden und bei denen keine zusätzlichen Maßnahmen zur Fixierung ihre Lage und am gewünschten Ort erforderlich sind. Anschließend wird die auf der zweiten Seite nunmehr bestückte Leiterplatte in einen Reflowofen nach der Erfindung, beispielsweise einen solchen nach Fig. 7, gegeben und dort gelötet 58.

Ein in Fig. 7 dargestellter Reflowofen 60 umfasst ein Gehäuse 61, das ähnlich dem in Fig. 5 dargestellten Reflowofen 40 in mehrere Kammern 62 unterteilt ist. In den meisten Kammern 62 sind Wärmetauscher 63 und Gebläse 64 vorgesehen, um den Wärmefluss im Reflowofen 60 zu kontrollieren und, um
5 dadurch in gewünschter Weise die Leiterplatte(n) 66 vor dem eigentlichen Lötvorgang zu erwärmen und um die zum Löten erforderliche Energie an und auf die Leiterplatte(n) 66 zu bringen. Im Gegensatz zum herkömmlichen Reflowofen 40 nach Fig. 5 sind die Leiterplatten 66 auf Rahmen 67 oder ähnlichen Strukturen auf dem Transportband 65 angeordnet. Diese Rahmen
10 67 ermöglichen einen größeren Abstand der Leiterplatten 66 als üblich zum Transportband 65, so dass bei Leiterplatten 66, bei denen die erste Seite mit relativ sperrigen THT- oder anderen "exotischen" und thermisch kritischen Bauteilen, wie zum Beispiel Transformatoren 2, Stecker 7 und 7 oder Drehschaltern 5 der Leiterplatte nach Fig. 1, bestückt sind, diese letzteren
15 trotz ihrer Größe zwischen Transportband 65 und Leiterplatten 66 Platz finden. Bei herkömmlichen Reflowöfen ist der Raum zwischen Transportband und Leiterplatte nur für SMD-Bauteile ausgelegt, relativ große THT-Bauteile können nur auf der dem Strom von Wärmeenergie zugewandten Seite der Leiterplatten verlötet werden. Dann können aber, wie oben beschrieben, nur
20 solche THT-Bauteile verwendet werden, deren Gehäuse im Reflowofen thermisch beständig sind. Stehen keine solchen THT-Bauteile zur Verfügung oder sind sie unverhältnismäßig teuer, so bleibt nur die Lösung, diese Bauteile separat zu löten, beispielsweise manuell oder in einem Wellenlötbad, das eine punktförmige Lötung erlaubt.

25

Die Erfindung erlaubt jedoch auch THT-Bauteile mit thermisch kritischen Gehäusen oder sonst wie thermisch empfindliche THT-Bauteile durch den Reflowofen 60 zu transportieren und dort zu löten. Die wesentliche Idee dabei ist, dass die zweite Seite der Leiterplatten 66, also dort wo gelötet werden
30 soll, der Einwirkung des zum Löten erforderlichen Stroms von Wärmeenergie ausgesetzt ist, während ihre erste Seite mit den darauf befindlichen THT- oder

- anderen "exotischen" und thermisch kritischen Bauteile zum Transportband 65 weist. Die Leiterplatten 66 selbst schirmen die thermisch kritischen Bauteile gegenüber der Wärmeenergie ab. Um dies zu erreichen, werden die Leiterplatten 66 vorzugsweise, wie bei dem Reflowofen 60 in Fig. 7
- 5 dargestellt, horizontal ausgerichtet, wobei die zweite zu verlötende Seite nach oben zur einwirkenden Wärmeenergie weist und die thermisch kritischen Bauteile sich unterhalb der Leiterplatten 66 befinden. Die thermisch kritischen Bauteile werden dabei sozusagen "überkopf" und zusammen mit den auf der zweiten Seite der Leiterplatten bestückten SMD- und PIH-Bauteilen gelötet.
- 10 In Abhängigkeit vom Platz in den einzelnen Kammern 62 des Reflowofens 60 und von der Anordnung der Wärmetauscher und Gebläse können die Leiterplatten auch in anderer Weise angeordnet durch den Reflowofen transportiert werden, wenn sichergestellt ist, dass die zum Löten erforderliche Wärmeenergie in gewünschter Weise auf die zu verlötende Seite der
- 15 Leiterplatten trifft und die Leiterplatten selbst die thermisch kritischen Bauteile verdecken und gegenüber dem Strom der Wärmeenergie abschirmen. So ist es denkbar, die Wärmequellen bzw. -Zufuhr seitlich im Reflowofen anzuordnen und von der Seite her auf die zu lötfende Seite der Leiterplatten einwirken zu lassen, wobei die Leiterplatten 66 dabei geneigt
- 20 oder sogar vertikal angeordnet durch den Reflowofen zu transportieren.

- Im Vergleich zu dem in Fig. 5 dargestellten Reflowofen 40 weist der in Fig. 5 dargestellte Reflowofen 60 wenigstens einen Quarzstrahler 68 auf. Der bzw. die Quarzstrahler 68 erlauben es, die in den zum Löten dienenden Kammern
- 25 62 im Reflowofen 60 herrschende Temperatur auf eine unterhalb der zum Löten der Bauteile erforderliche Temperatur zu senken. Die Quarzstrahler liefern eine Infrarot-Strahlung, die dann als zusätzliche Energiestrahlung an den Lötstellen auf der zu lötfenden Seite der Leiterplatten 66 die zum Löten erforderliche Energie zur Verfügung stellt. Durch diese Maßnahme wird die im
- 30 Reflowofen 60 insgesamt herrschende Temperatur beschränkt sowohl auf der zu lötfenden Seite als auch auf der gegenüberliegenden Seite der Leiterplatten

66, wo die thermisch kritischen Bauteile sind. Diese Bauteile können von den Leiterplatten 66 noch besser gegen die zur Lötung verwendete Infrarotstrahlung der Quarzstrahler 68 abgeschirmt werden.

- 5 Es hat sich gezeigt, dass allein dadurch, dass bei thermisch kritischen Bauteile auf der ersten Seite der Leiterplatte 66 und damit durch die Leiterplatte 66 selbst von der zum Löten erforderliche Wärmeenergie thermisch getrennt angeordnet sind, ein Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Seite der Leiterplatte von etwa 28°C bis ca. 35°C
10 erreichbar ist. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Leiterplatte auf der Oberfläche nicht zu viel Kupfer, also Leiterbahnen, aufweist.

- Bei vielen Bauteilen mit einem an sich gegenüber den auf der Oberseite von Leiterplatten beim Löten herrschenden Temperaturen kritischen Gehäuse
15 reicht der oben erwähnte Temperaturunterschied von 28° bis 35°C zwischen der ersten und der zweiten Seite der Leiterplatte bereits aus, um die thermisch kritischen THT-Bauteile im Reflowofen verlöten zu können, ohne dass die Gehäuse bzw. die Bauteile selbst durch die Temperatur beschädigt oder sogar zerstört werden. Sollte diese Temperaturdifferenz nicht ausreichen, ist
20 es beispielsweise möglich, die bei dem Reflowofen 60 nach Fig. 7 unterhalb des Transportbandes 65 in der letzten oder den letzten zwei ausgangsseitigen Kammern 62 angeordneten Gebläse 64 und/oder Wärmetauscher 63 zur Kühlung der unten liegenden ersten Seite der Leiterplatte 66 und der darauf befindlichen thermisch kritischen Bauteile heranzuziehen. Zusätzlich ist es
25 auch denkbar den in Fig.7 dargestellten Reflowofen nach der Erfindung im unteren Teil der Kammern mit aktiven Kühlelementen auszustatten, die die auf der ersten, untenliegenden Seite der Leiterplatten befindlichen thermisch kritischen Bauteile aktiv kühlen, beispielsweise mittels eines darauf gerichteten abgekühlten Luftstroms. Es ist klar, dass diese Kühlmaßnahmen
30 eine effiziente thermische Trennung zwischen der zu verlötenden zweiten Seite der Leiterplatte und ihrer ersten Seite verlangen. Dabei ist jedoch zu

beachten, dass die dann erzielte Temperaturdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Seite der Leiterplatte nicht zu solchen Spannungen in der Leiterplatte führen, die sie dann zerstören können. Die oben beschriebenen Infrarotstrahler 68 (siehe Fig. 7) sind besonders für eine im wesentlichen

5 punktförmige Erwärmung der Leiterplatte an den zu lötenden Stellen geeignet. Mit ihnen ließe sich die durchschnittliche Temperatur auf der gesamten zweiten Seite der Leiterplatte - ob mit oder ohne aktive Kühlung - so einstellen, dass die Temperaturdifferenz zwischen erster und zweiter Seite der Leiterplatte gerade hinreichend ist, um eine Schädigung der thermisch kritischen Bauteile

10 der ersten Seite zu vermeiden, ohne dass gefährliche Wärmespannungen die Leiterplatte selbst beeinträchtigen.

Die Fig. 8 und 9 sind schematische Darstellungen von bevorzugten Anordnungen verschiedener Bauteile auf einer Leiterplatte nach der

15 Erfindung. Die Zeichnung zeigt jeweils eine solche Leiterplatte 70, nachdem sie in einem Reflowofen, vorzugsweise in einem solchen nach der Erfindung, beispielsweise in einem Reflowofen 60 nach Fig. 7, gelötet worden ist.

Auf ihrer ersten Seite 71 sind bei den hier beispielhaft dargestellten

20 Leiterplatten 70 zwei verschiedene SMD-Bauteile 73a und 73b bestückt, die beispielsweise, wie oben beschrieben, als erstes im Reflowlötoven gelötet werden. Die danach auf der ersten Seite 71 bestückten THT-Widerstände 75 und ein THT-Winkelstecker 76 (siehe Fig. 8) werden nach Wenden der Leiterplatte und Bestückung der zweiten Seite 72 der Leiterplatte 70 mit

25 verschiedenen SMD-Bauteilen 74a und 74b zusammen im Reflowofen gelötet, und zwar vorzugsweise in der in Fig. 8 dargestellten horizontalen Position der Leiterplatte 70 die selbst als Abschirmung der thermisch empfindlichen THT-Widerstände 75 und des Winkelsteckers 76 gegenüber der auf die zweite

Seite 72 der Leiterplatte 70 wirkenden Wärmeenergie dient.

30

Es hat sich gezeigt, dass das geschilderte erfindungsgemäße Lötverfahren auch zur Lötung von thermisch kritischen PIH-Bauteilen herangezogen werden kann. Dies wird durch die Leiterplatte 70 in Fig. 9 veranschaulicht, bei der thermisch kritische PIH-Widerstände 78 und ein PIH-Winkelstecker 79 statt der entsprechenden THT-Bauteile 75 und 76 nach Fig. 8 verwendet werden. Sollen die für die PIH-Anwendung mit entsprechend gekürzten Anschlussdrähten bzw. -Pins versehenen PIH-Bauteilen 78, 79 in Fig. 9 ist jedoch für eine "Überkopf-Lötung im Reflowofen sicherzustellen, dass sie nicht aus den PIH-Lötstellen herausfallen wenn die Nassklebekraft der dort aufgetragene Lotpaste nicht ausreichen sollte, die PIH-Bauteile 78, 79 auch vor dem Löten in einer Überkopf-Position zu halten. Die PIH-Bauteile 78, 79 können beispielsweise mit Klebstoff fixiert werden oder die PIH-Sacklöcher, in die die Anschlussdrähte bzw. -Pins der PIH-Bauteile 78, 79 gesteckt werden, sind bei den einzelnen PIH-Bauteilen 78, 79 so angeordnet bzw. beabstandet, dass die Anschlussdrähte bzw. -Pins der PIH-Bauteile 78, 79 so gebogen werden müssen, dass sie die PIH-Bauteile 78, 79 in den PIH-Sacklöchern verklemmen.

Die Fig. 10a und 10b veranschaulichen einen besonderen zusätzlichen Vorteil, der mit dem erfindungsgemäßen Löt- und Bestückungsverfahren beim Löten von THT-Bauteilen erreicht wird. Fig. 10a stellt eine mit einem THT-Bauteil 81 bestückte Leiterplatte 80 dar, dessen Anschlussdraht 82 durch eine gewünschte metallisierte Durchführung 83 gesteckt wurde, nachdem diese vorher mit einer Lotpaste 84 versehen war. Die üblicherweise in einer Art Tropfen auf der metallisierten Durchführung 83 aufliegenden und sie verschließenden Lotpaste 84 wird beim Durchstecken des Anschlussdrahts 82 durch die metallisierte Durchführung 83 ebenfalls durchstoßen und geteilt. Ein Teil der Lotpaste 84 verbleibt auf der oberen Seite der metallisierten Durchführung 83, der andere Teil bildet einen Tropfen oder eine Art Kugel auf bzw. an der Spitze des Anschlussdrahts 82.

Bei einem THT-Bauteil, das in diesem Falle für eine Lötung in einem üblichen Reflowofen geeignet ist und das in der in Fig. 10a dargestellten Position, also oben auf der horizontal ausgerichteten Leiterplatte angeordnet in den Reflowofen gebracht wird, erweicht und fließt die Lotpaste 84 infolge

5 Wärmeeinfluss im Reflowofen, wobei häufig der Tropfen oder die Kugel Lotpaste an der Spitze des Anschlussdrahts 82 infolge der Schwerkraft herabtröpft. Wenn die restliche oben auf der metallisierten Durchführung 83 aufliegende Lotpaste 84 nicht ausreicht, um beim Löten einen Zwischenraum um den Anschlussdraht 82 herum und in der Durchführung 83 zu füllen, kann

10 von einer mangelhaften Lötstelle ausgegangen werden.

Der große Vorteil beim erfindungsgemäßen Löt- und Bestückungsverfahren, bei dem die THT-Bauteile und insbesondere die thermisch kritischen THT-Bauteile im Reflowofen überkopf gelötet werden, zeigt sich bei dem in Fig.

15 10b dargestellten Resultat nach der Lötung. Im Reflowofen fließt unter Wärmeeinfluss der Tropfen oder die Kugel Lotpaste an der Spitze des Anschlussdrahts 82 (siehe Fig. 10a) infolge der Schwerkraft in die metallisierte Durchführung 83 zurück, wo er sauber verlötet und eine sichere Lötstelle bildet.

20 In den Fig. 11 und 12 ist eine weitere Ausführung einer erfindungsgemäßen Leiterplatte 90 dargestellt und zwar während des Lötens in einem Reflowofen, vorzugsweise ein Reflowofen nach der Erfindung. Auf der Leiterplatte ist jeweils in den Fig. 11 und 12 ein thermisch empfindliches, relativ schweres

25 THT-Bauteil 91 mit Anschlussdrähten 94 bestückt, das, wie oben beschrieben durch Klebepunkte 93, also Punkte aus geeignetem Klebstoff, auf der Leiterplatte 90 fixiert wurde, bevor die Leiterplatte 90 in der in den Fig. 11 und 12 dargestellten horizontalen Position in den Reflowofen gebracht wurde. Ohne Klebung würde das relativ schwere THT-Bauteil 91 von Leiterplatte 90

30 abfallen. Klebungen dieser Art sind immer dann vorteilhaft, wenn das THT-Bauteil 91 nicht durch andere Maßnahmen, wie beispielsweise durch

Klinschen der Anschlussdrähte 94 und durch Verklemmen auf der Leiterplatte 90 in der gewünschten Position fixiert werden kann. Diese und andere Arten der Fixierung eines solchen THT-Bauteils sind bereits oben beschrieben worden.

5

Um zwischen der oberen Seite der Leiterplatte 90, die zu einer durch Pfeile 96 veranschaulichten, zum Löten benötigten Wärmeenergiezufuhr gerichtet ist, und der gegenüberliegenden, von der Wärmeenergiezufuhr abgewandten Unterseite der Leiterplatte eine Temperaturdifferenz zu erreichen, die sicherstellt, dass die thermisch kritischen Bauteile auf der Unterseite nicht beschädigt werden, können erfindungsgemäß, wie die Fig. 11 und 12 veranschaulichen, auch verschiedene Mittel zur Abdeckung 98 und 99 verwendet werden, die auf der Oberseite der Leiterplatte angebracht werden.

10

15 Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, um die gewünschte und zum Schutz der thermisch kritischen Bauteile 91 auf der Unterseite der Leiterplatte 90 erforderliche Temperaturdifferenz einzustellen. Einerseits kann die von der Wärmeenergiezufuhr 96 auf der Oberseite der Leiterplatte 90 hervorgerufene Temperatur gerade auf die zum Löten der gewählten Lotpaste erforderliche Minimaltemperatur eingestellt werden. Damit lassen sich bei entsprechenden Layout der Leiterplatte, wie oben beschrieben, allein durch die Abschirmwirkung der Leiterplatte selbst, Temperaturdifferenzen zwischen Ober- und Unterseite der Leiterplatte 90 von etwa 28°C bis 35°C erzielen. Da die Löttemperatur bereits am unteren Grenzwert eingestellt wurde, reicht dies in einigen Fällen bereits aus, um eine Beschädigung der thermisch kritischen Bauteile 91 auf der Unterseite der Leiterplatte 90 zu vermeiden.

20

25

Reicht dies nicht aus, so gibt es die Möglichkeit, die thermische Trennung zwischen Ober- und Unterseite der Leiterplatte 90 zu verbessern. Und die Darstellungen der Fig. 11 und 12 zeigen dazu zwei Beispiele von Abdeckungen. In Fig. 11 ist beispielhaft eine Abdeckmaske 98 schematisch

30

dargestellt, mit der die zwischen den zu lötenden Anschlussdrähten 94 "freien" Stellen der Leiterplatte 90 abgedeckt werden. Damit wird im wesentlichen die Aufnahme von Wärmeenergie auf die zu verlötenden Stellen beschränkt und eine übermäßige Erwärmung der gesamten Leiterplatte 90 verringert, so dass weniger Wärmeenergie auf der unteren Seite der Leiterplatte 90 an das thermisch kritische Bauteil 91 abgegeben werden kann. Vorzugsweise besteht eine solche Abdeckmaske aus einem nichtmetallischen Material.

- 10 Im Gegensatz dazu werden bei der in Fig. 12 dargestellten Abdeckung 99 gerade die Stellen der Leiterplatte 90 bedeckt, die gelötete werden sollen, d.h. an den Stellen der Anschlussdrähte 94 zum Beispiel. Es hat sich in Versuchen gezeigt, dass mit einer vorzugsweise metallischen Abdeckung 99 geeigneter Dicke unter dieser und damit an den zu lötenden Anschlussdrähte 94 der Fig.
- 15 12 eine Art Wärmestau erreicht werden kann, der dazu führt, dass an den derart abgedeckten Lötstellen eine höhere Temperatur erreicht wird, als sie an den nichtbedeckten freien Stellen der Leiterplatte 90 auftritt. Dieser überraschende Effekt einer lokalen überdurchschnittlichen Temperaturerhöhung auf der Leiterplatte ermöglicht trotz geringer minimaler
- 20 Wärmeenergiezufuhr ein sicheres Löten der Lötstellen, d.h. der Anschlussdrähte 94 mit der Lotpaste 94 der Fig. 12. Auch auf diese Weise lässt sich die durchschnittliche Wärmeenergieaufnahme der Leiterplatte 90 insgesamt verringern, so dass das eine zum Schutz der thermisch kritischen Bauteile 91 erforderliche thermische Trennung und Temperaturdifferenz
- 25 zwischen der Ober- und der Unterseite der Leiterplatte 90 einstellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
- 5
- 10 a) auf der ersten Seite der Leiterplatte wird das THT-Bauteil bestückt und dessen Anschlussdraht bzw. Anschluss-Pin von der ersten Seite her durch eine Bohrung gesteckt, so dass er auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführt ist; und
- 15 b) zur Lötung wird die derart bestückte Leiterplatte in einen Reflow-Ofen gegeben, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite wenigstens teilweise von einer die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr im wesentlichen abgeschirmt ist.
- 20
2. Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem für konventionelle automatische Löttechnik thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
- 25
- a) auf der ersten Seite der Leiterplatte wird das THT-Bauteil bestückt und dessen Anschlussdraht bzw. Anschluss-Pin von der ersten Seite her durch eine Bohrung gesteckt, so dass er auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführt ist; und
- 30

b) zur Lötung wird die derart bestückte Leiterplatte in einen Reflow-Ofen gegeben, wobei die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite thermisch von der zur Lötung auf die zweite Seite der Leiterplatte einwirkenden Wärme- oder Energiezufuhr getrennt ist und wobei durch geeignete Mittel ein

- 5 Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Seite von wenigstens 28 °C einstellbar ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem für eine Bestückung der zweiten Seite der Leiterplatte mit wenigstens einem SMD-Bauteil auf dafür
10 vorgesehene Lötkontaktflächen Lotpaste aufgebracht wird und bei dem nach Bestücken der zweiten Seite der Leiterplatte mit dem SMD-Bauteil dieses zusammen mit dem Anschlussdraht des THT-Bauteils in einem Arbeitsschritt im Reflow-Ofen verlötet wird.

- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, bei dem auch die erste Seite der Leiterplatte mit wenigstens einem SMD-Bauteil bestückt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, das folgende Verfahrensschritte umfasst:

- a) drucken von Lotpaste auf die erste Seite der Leiterplatte;
20 b) bestücken der ersten Seite mit SMD-Bauteilen;
c) löten der SMD-Bauteile der ersten Seite im Reflow-Ofen;
d) bestücken der ersten Seite mit wenigstens einem THT-Bauteil;
e) drucken von Lotpaste auf die zweite Seite;
f) bestücken der zweiten Seite mit SMD-Bauteilen und
25 g) löten von SMD-Bauteilen der zweiten Seite und der bzw. der THT-Bauteile im Reflow-Ofen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem vor dem Drucken der Lotpaste auf die zweite Seite der Leiterplatte Anschlussdrähte der THT-Bauteile
30 konfektioniert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Anschlussdrähte der THT-Bauteile geklinscht oder in anderer Weise so gebogen werden, beispielsweise gesickt, so dass sie das bzw. die betreffenden THT-Bauteile auf der Leiterplatte festklemmen.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Anschlussdrähte vor dem Bestücken der THT-Bauteile so gekürzt werden, dass sie nach dem Bestücken nur geringfügig über die Leiterplatte vorstehen.

10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem vor dem Bestücken der THT-Bauteile an den zu bestückenden Stellen Klebstoff zum Fixieren der THT-Bauteile auf der Leiterplatte aufgetragen wird.

15 10. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Leiterplatte und/oder an wenigstens einem der THT-Bauteile wenigstens eine Fixierhilfe vorgesehen ist, die das betreffende THT-Bauteil nach dem Bestücken mechanisch auf der Leiterplatte befestigt.

20 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fixierhilfe einen Einschnapp-Mechanismus umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 4, das folgende Verfahrensschritte umfasst:
a) drucken von Lotpaste auf die erste Seite;
b) auftragen von Klebstoff an den mit THT-Bauteilen zu bestückenden Stellen
25 der ersten Seite;
c) bestücken der ersten Seite mit SMD-Bauteilen;
d) bestücken der ersten Seite mit THT-Bauteilen;
e) löten der SMD-Bauteile der ersten Seite im Reflow-Ofen;
f) drucken von Lotpaste auf die zweite Seite;
30 g) bestücken der zweiten Seite mit SMD-Bauteilen und
h) löten der Bauteile der zweiten Seite und der THT-Bauteile im Reflow-Ofen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem vor dem Drucken der Lotpaste auf die zweite Seite Anschlussdrähte der THT-Bauteile so konfektioniert werden, dass sie nicht über die Leiterplatten-Oberfläche hinausragen.
- 5 14. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Seiten der Leiterplatte mit wenigstens einem Pin-in-hole-Bauteil (PIH-Bauteil) bestückt wird.
- 10 15. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte erste Seite der Leiterplatte im Reflow-Ofen im wesentlichen durch die Leiterplatte selbst von der zur Lötung auf die zweite Seite einwirkende Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt bzw. thermisch getrennt ist.
- 15 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer im wesentlichen horizontalen Anordnung der Leiterplatte beim Durchfahren des Reflowofens zur Lötung der THT-Bauteile oder des THT-Bauteils sich diese bzw. dieses unterhalb der Leiterplatte befinden.
- 20 17. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte erste Seite der Leiterplatte im Reflow-Ofen gekühlt wird.
- 25 18. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Reflow-Ofen jene Bereiche der Leiterplatte, die wegen eines Leiterplattenlayouts zu überdurchschnittlicher Aufnahme von Wärmeenergie neigen, von einer die Wärmeenergieaufnahme verhindernden oder -verzögernden Abdeckung abgedeckt werden.
- 30 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckung aus einem nicht-metallischen Material besteht.

20. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, wo in einem Bereich der Leiterplatte eine überdurchschnittliche Erwärmung durch die die Lötung im Reflow-Ofen bewirkende Wärme- oder Energiezufuhr gewünscht wird, dieser Bereich der
5 Leiterplatte mit einer eine Wärmeenergieaufnahme verbessernden Abdeckung bedeckt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die
10 Abdeckung aus einem metallischen Material besteht.

22. Reflow-Ofen zum Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch
15 kritischen Gehäuse oder Umhüllung, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite der Leiterplatte beim Löten des auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführten Anschlussdrahts des THT-Bauteils von einer die Lötung bewirkenden Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt ist.

20
23. Reflow-Ofen zum Löten einer Leiterplatte mit einer ersten und einer zweiten Seite und mit wenigstens einem bedrahteten elektrischen Bauteil ("THT-Bauteil") mit wenigstens einem Anschlussdraht oder Anschluss-Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Löttechnik thermisch
25 kritischen Gehäuse oder Umhüllung, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem THT-Bauteil bestückte erste Seite der Leiterplatte beim Löten des auf der zweiten Seite der Leiterplatte im Bereich einer mit einer Lotpaste bedruckten Lötkontaktfläche herausgeführten Anschlussdrahts des THT-Bauteils von einer zur Lötung auf die zweite Seite der Leiterplatte einwirkenden Wärme-
30 oder Energiezufuhr thermisch getrennt ist und wobei durch geeignete Mittel

ein Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Seite von wenigstens 28 °C einstellbar ist.

24. Reflow-Ofen nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte bei ihrem Transport durch den Reflow-Ofen so angeordnet ist, dass die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte erste Seite der Leiterplatte im wesentlichen durch die Leiterplatte selbst von der zur Lötung auf die zweite Seite der Leiterplatte einwirkenden Wärme- oder Energiezufuhr abgeschirmt bzw. thermisch getrennt wird.
25. Reflow-Ofen nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass darin eine Kühleinrichtung vorgesehen ist, mittels der die mit dem oder den THT-Bauteilen bestückte Seite der Leiterplatte beim Lötvorgang gekühlt wird.
26. Reflow-Ofen nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass er wenigstens eine Infrarot-Strahlenquelle aufweist; die eine die Lötung bewirkenden Wärmeenergie liefert.
27. Leiterplatte für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie so konzipiert bzw. ausgeführt ist, dass sie bei von außen auf die Leiterplatte einwirkender Wärmeenergie lokal vorgebbare Bereiche mit überdurchschnittlicher Wärmeenergieaufnahme ermöglicht.
28. Leiterplatte nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass in den Bereichen mit gewünschter überdurchschnittlicher Wärmeenergieaufnahme eine überdurchschnittlich großer Kupferanteil vorgesehen ist.
29. Leiterplatte für ein Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Mehrschicht-Leiterplatte mit wenigstens einer

30

EH0543-DE
15.03.2002

inneren Schicht ist, die so konzipiert bzw. ausgeführt ist, dass sich in den Bereichen gewünschter überdurchschnittlicher Wärmeenergieaufnahme jeweils ein großflächiger, metallischer und/oder elektrisch leitender Teil befindet.

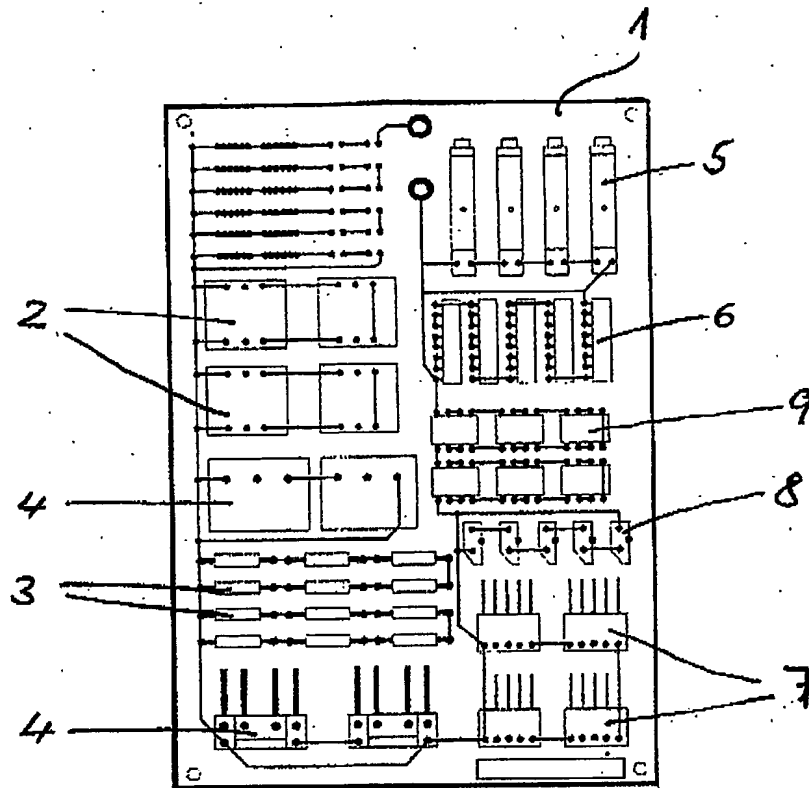
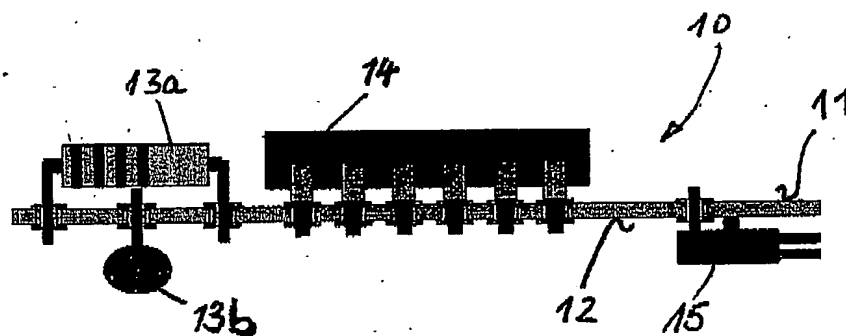
5

30. Leiterplatte für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie so konzipiert bzw. ausgeführt ist, dass in den Bereichen, wo eine unterdurchschnittliche Wärmeenergieaufnahme gewünscht wird, ein unterdurchschnittlicher Kupferanteil vorgesehen ist.

10

Zusammenfassung

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestücken und Löten einer Leiterplatte, die mit einem bedrahteten elektrischen Bauteil mit wenigstens einem Anschlussdraht oder -Pin und einem bzw. einer für konventionelle automatische Lötverfahren thermisch kritischen Gehäuse oder Umhüllung bestückt ist. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Reflowofen zum Löten der Leiterplatte und eine Leiterplatte für das genannte Verfahren.
- 5
- 10 Die Erfindung ermöglicht das Löten des thermisch kritischen Bauteils im Reflowofen, indem es die Leiterplatte selbst zur thermischen Abschirmung der thermisch kritischen THT-Bauteile gegenüber der auf die Leiterplatte einwirkenden und für die Lötung erforderlichen Wärmeenergie nutzt. Die Leiterplatten 66 werden dazu beispielsweise auf Rahmen 67 aufgesetzt und
- 15
- derart durch den Reflowofen 60 transportiert, dass die thermisch kritischen Bauteile auf der von der Wärmeenergie abgewandten Unterseite der Leiterplatten 66 angeordnet sind.
(Fig. 7).

**Fig. 1****Fig. 2**

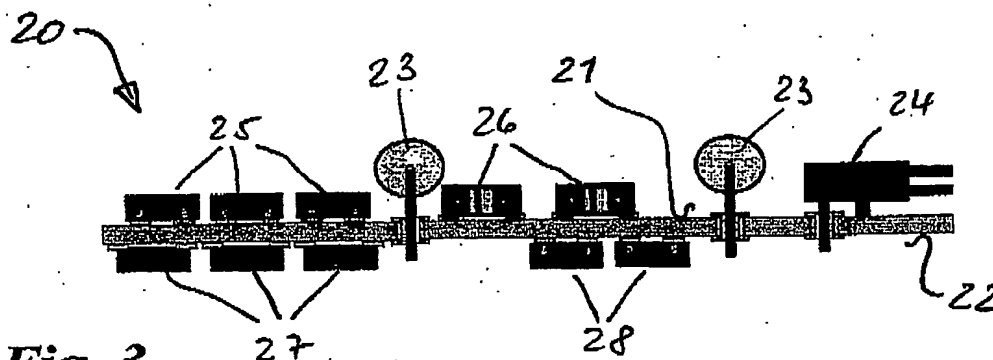


Fig. 3

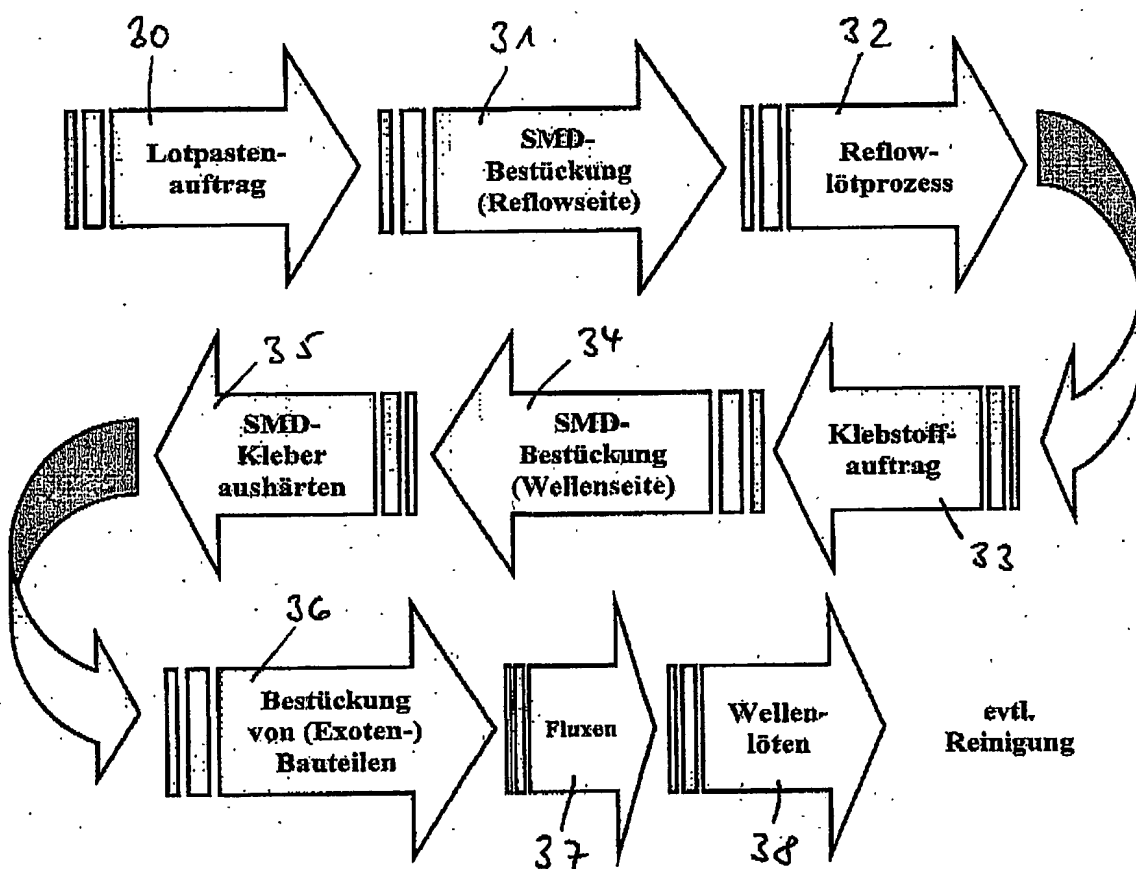


Fig. 4

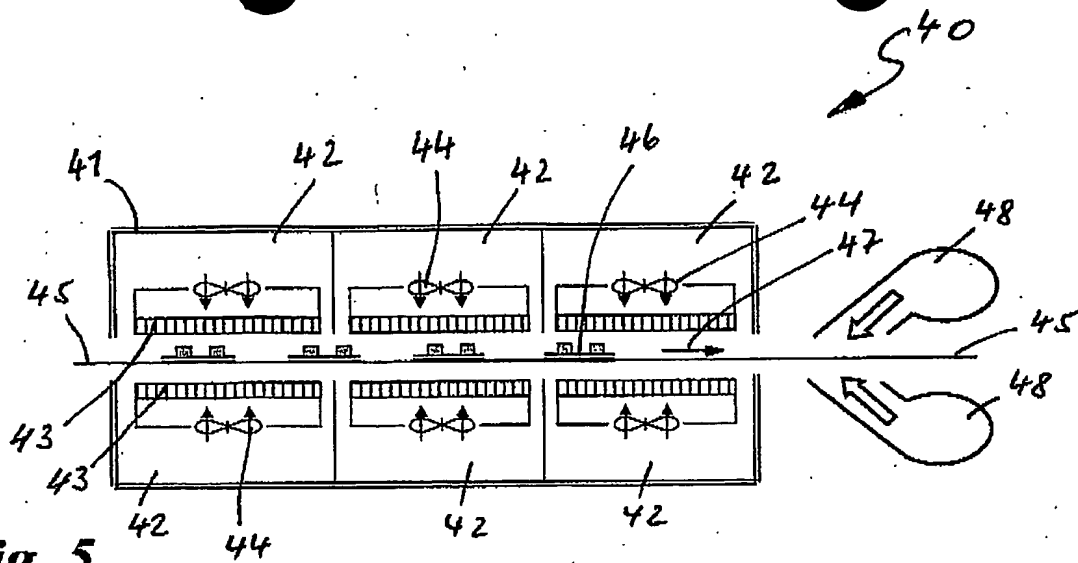


Fig. 5

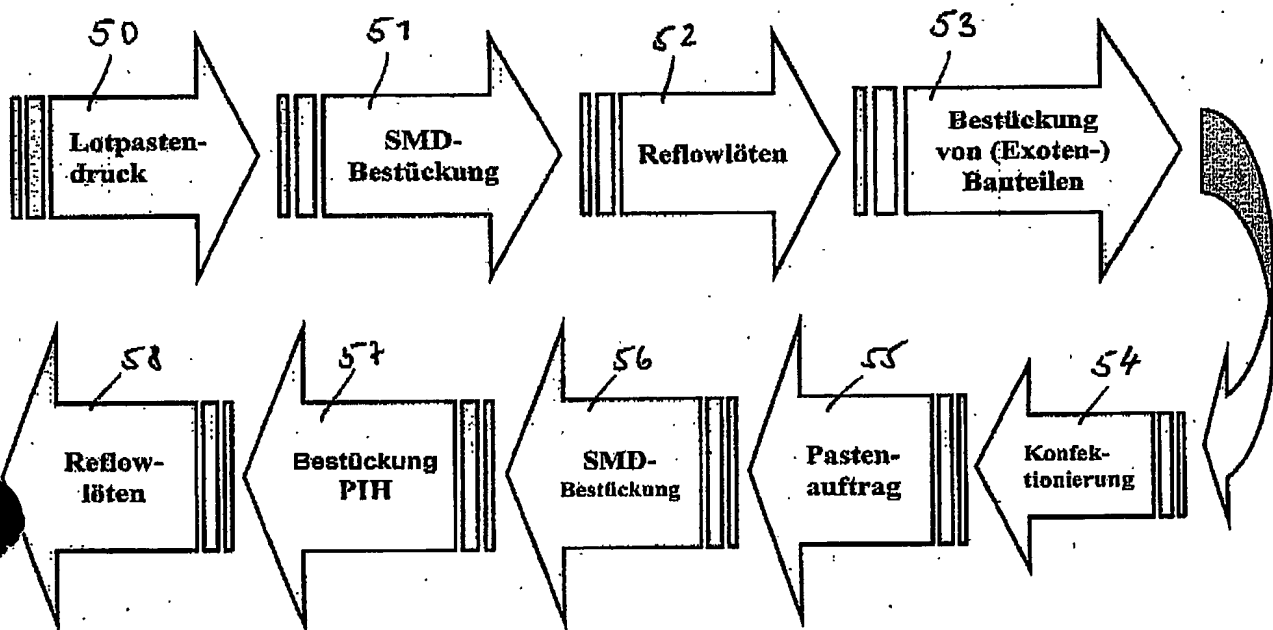


Fig. 6

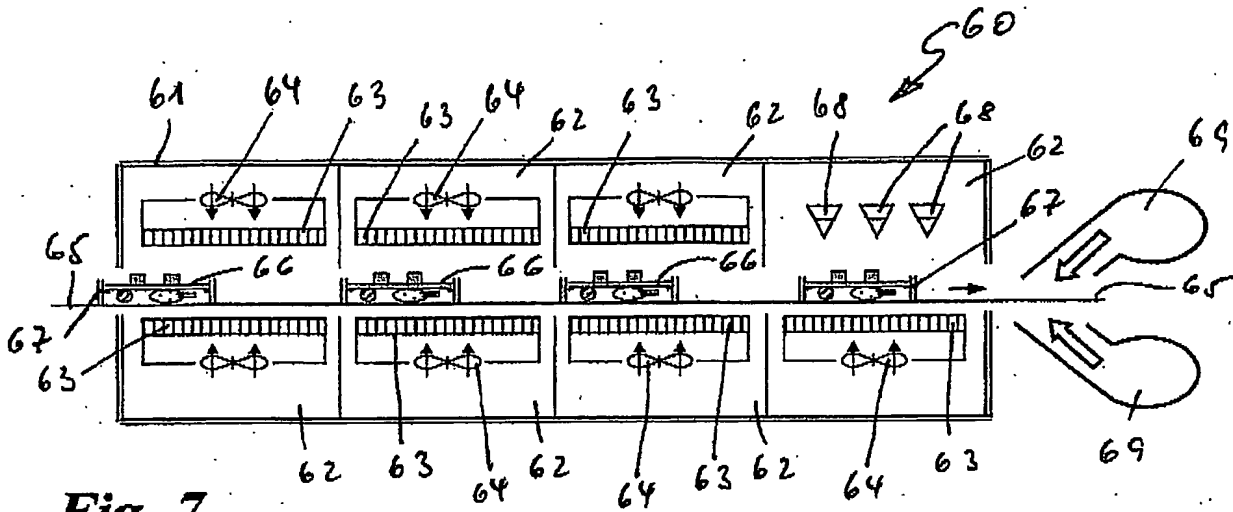


Fig. 7

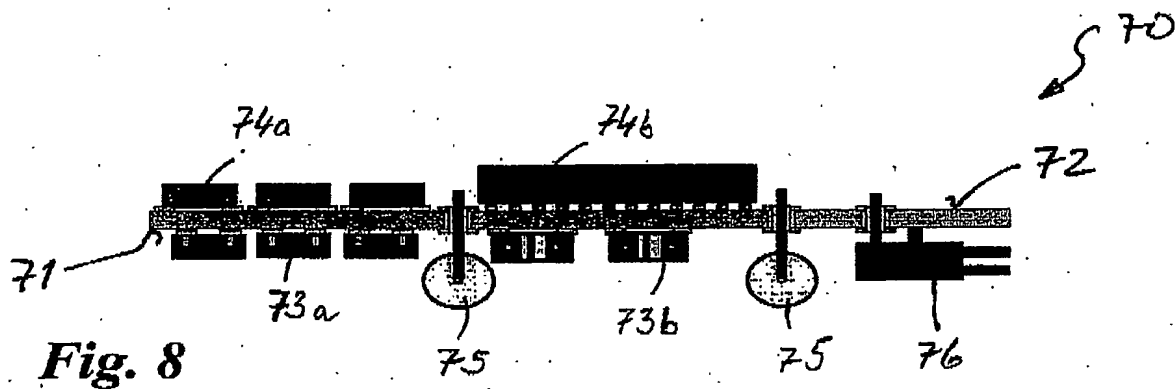


Fig. 8

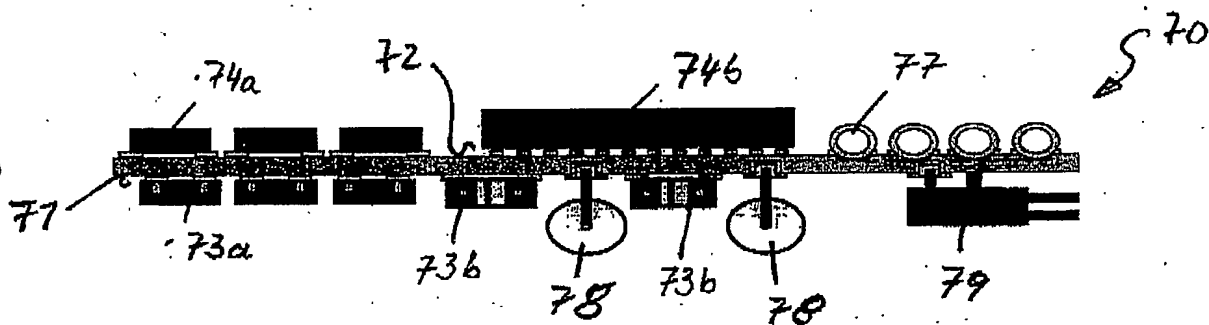


Fig. 9

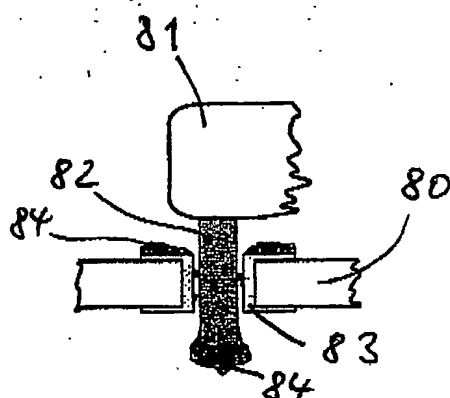


Fig. 10a

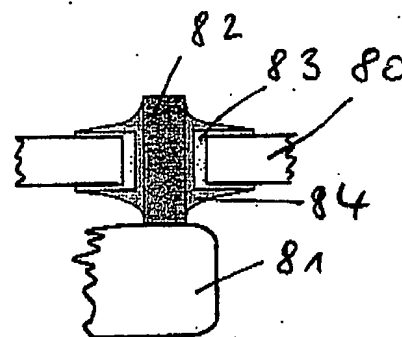


Fig. 10b

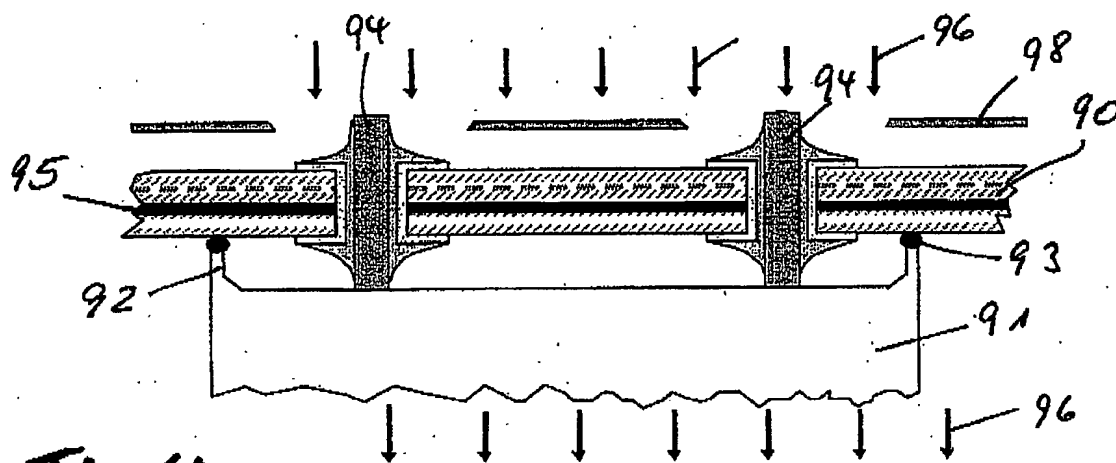


Fig. 11

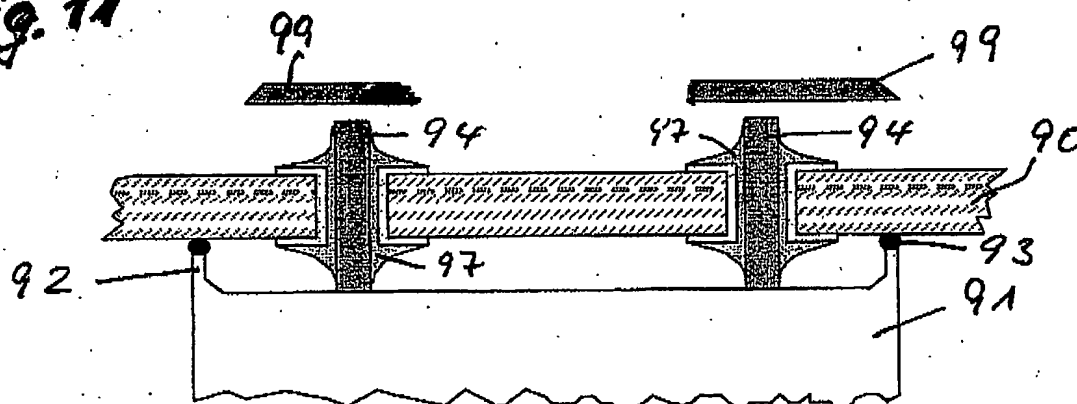


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.